

Р.Н. КОМАРОВ, А.М. ИСМАИЛБАЕВ,  
П.П. ФРОЛОВ, Б.М. ТЛИСОВ



## РЕКОНСТРУКТИВНАЯ ХИРУРГИЯ АОРТАЛЬНОГО КЛАПАНА: ПОКАЗАНИЯ, ТЕХНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ

Первый Московский государственный медицинский университет  
им. И.М. Сеченова (Сеченовский Университет), г. Москва,  
Российская Федерация

Реконструктивные клапаносохраняющие вмешательства на аортальном клапане — одно из динамично развивающихся направлений современной кардиохирургии. В настоящее время кардиохирурги всего мира все чаще отдают предпочтение реконструкции аортального клапана, в том числе с использованием аутологичных тканей, по сравнению с био- и механическим протезированием. Такие процедуры, как операция Росса, Якуба, Дэвида, Озаки, доказали свою эффективность, а показатели долгосрочной свободы от реопераций не уступают классическому протезированию. В данной обзорной статье подробно рассмотрены ключевые принципы реконструкции нативного аортального клапана. В частности, затронуты вопросы анатомии корня аорты с хирургической точки зрения и определения оптимальных «кандидатов» на клапаносохраняющую процедуру. Подробно отражены принципы реконструкции при различных вариантах развития клапана, таких как уни-, би-, три- и квадриккуспидальная анатомия. Подходы к пластике аортального клапана отражены пошагово, включая описание техники экспозиции корня аорты, варианты коррекции пролапса, устранения фенестрации и аннулопластики. Оценка литературных данных показала, что общие риски пластики аортального клапана в изолированном виде или как компонент сочетанного вмешательства не выше, чем у пациентов с протезированием. В качестве независимых факторов риска значимой регургитации и реопераций в отдаленные сроки после реконструкции выделяют нарушение ориентации комиссур, использование перикардальной вставки, длительно существующий пролапс, а также расширение фиброзного кольца.

*Ключевые слова:* реконструктивные клапаносохраняющие вмешательства, аортальный клапан, регургитация, стеноз, аутологичные ткани, корень аорты, протезы клапанов

Reconstructive valve-sparing procedures on the aortic valve are one of the most dynamically developing directions in the cardiac surgery. Today cardiac surgeons all over the world prefer the aortic valve sparing operation using autologous tissues instead biological and mechanical prosthetics. The Ross, Yakub, David, Ozaki procedures have proved their effectiveness, and their indicators of long-term freedom from reoperations are not inferior to classical prosthetics. In this review the authors describe the key points of the native aortic valve reconstruction. Especially, from the surgical point of view the issues of anatomy of the aortic root and the determination of the optimal "patients" for the valve-sparing procedure are discussed. The principles of reconstruction of various variants of valve development, such as uni-, bi-, three-, and quadricuspid valve anatomy, are presented in details. The approaches to aortic valve repair are described step by step, including a description of the aortic root exposure technique, options for correcting prolapse, eliminating fenestration, and annuloplasty. The evaluation of literature data showed that the overall risks of aortic valve repair in isolation or as a component of a combined intervention are no higher than in patients with biological or mechanical prosthetics. The violation of the orientation of the commissures, the use of a pericardial catheter, long-term prolapse, as well as expansion of the annulus fibrous are considered as an independent risk factors of significant regurgitation and reoperations in the long term after reconstruction.

*Keywords:* reconstructive valve-sparing interventions, aortic valve, regurgitation, stenosis, autologous tissues, aortic root, prosthetics of the valves

Novosti Khirurgii. 2021 May-Jun; Vol 29 (3): 347-359

An Aortic Valve-Sparing Operation: Indications, Technical Aspects and Results

R.N. Komarov, A.M. Ismailbaev, P.P. Frolov, B.M. Tlisov

The articles published under CC BY NC-ND license



### Введение

Реконструктивные вмешательства на аортальном клапане — активно развивающаяся область современной кардиохирургии, имеющая давнюю историю и заключающаяся в восстановлении геометрии и функциональности нативного клапана. Первые результаты

клапаносохраняющих вмешательств в аортальной хирургии связаны с такими авторами как W. Taylor et al. [1], D. Ross [2], T. David et al. [3], M. Yacoub et al. [4]. В отсутствии нормальной визуализации и детального понимания анатомии сердца, применение данных методик в широкой практике длительное время было ограничено. Совершенствование и улучшение

характеристик протезов клапанов привело к повсеместному распространению аортального протезирования как наиболее предпочтительной процедуры с гарантированным результатом [5]. Вместе с тем ставшая доступной с конца 80-х годов 20 века транспищеводная эхокардиография открыла практикующим хирургам новые «горизонты» патофизиологии и морфологии дисфункции аортального клапана [6].

По мере накопления опыта по протезированию аортального клапана стал очевиден ряд ограничений и недостатков данного хирургического подхода [7]. Так, начальный энтузиазм, касающийся биопротезирования, развеян наступающими со временем дегенеративными изменениями данных имплантантов. В свою очередь, оценка отдаленных результатов использования механических протезов выявила значимый риск реопераций (до 3% в год) и протез-ассоциированной смертности (до 1% в год), а также тромбоземболических и геморрагических осложнений (4-5% в год) [8]. Эти данные послужили стимулом для возрождения интереса к возможности сохранения и пластики аортального клапана. R. Frater предложил выполнение клапаносохраняющей операции пациентам, у которых аортальная регургитация обусловлена дилатацией аорты на синотубулярном уровне [9]. С. Duran и D. Cosgrove представили технику и первые результаты процедуры пластики створок при значимой недостаточности [10, 11]. T. David et al. [3] и M. Yacoub et al. [4] опубликовали детали клапаносохраняющего протезирования восходящей аорты в случаях, когда регургитация обусловлена лишь ее дилатацией. Удовлетворительные ранние и среднеотдаленные результаты подобных вмешательств обратили на себя внимание многих кардиохирургов и послужили импульсом для поиска новых подходов к реконструктивной хирургии аортального клапана, которая становится реальной альтернативой протезированию.

### Нормальная анатомия аортального клапана

Клапан и корень аорты представляют собой динамическую структуру со сложными взаимосвязями между двумя компонентами, способствующими нормальной его функции [12]. Есть несколько важных анатомических и физиологических принципов, которые имеют отношение к реконструктивной хирургии корня и клапана аорты [13, 14]. Во-первых, концепция функционального кольца аорты, которое состоит из синотубулярного (СТС) и вентрикуло-аортального соединений (ВАС) [13]. Оба эти компонента играют важную роль

в обеспечении поддержки створок клапана, а изменение любого из них может привести к пролапсу створки или ограничению, вызывающему недостаточность аорты. Второй принцип заключается в том, что синотубулярное (СТС) и вентрикуло-аортальное (ВАС) соединения приблизительно пропорциональны в диаметре в нормальном аортальном клапане, причем СТС обычно примерно на 10-15% меньше, чем ВАС [15]. Тем не менее, при патологии аортального клапана и корня любой из этих компонентов может быть расширен. Третий важный принцип заключается в том, что, когда компоненты функционального кольца аорты медленно расширяются с течением времени, может происходить ремоделирование створок, что предотвращает возникновение значительной аортальной недостаточности [13]. Таким образом, пациенты могут иногда иметь значительное расширение ВАС и СТС с минимальной аортальной недостаточностью [15].

Устранение регургитации аортального клапана требует точных знаний истинной причины недостаточности, а также детального понимания анатомии корня аорты для успешного достижения цели вмешательства [16]. Геометрические нюансы анатомии имеют первостепенное значение для реконструктивных процедур, направленных на восстановление соотношения между базальным кольцом, створками и синусами Вальсальвы [17]. Геометрия створок и корня аорты должна быть физиологична для работы в качестве функциональной единицы [13]. Так, диаметр аорты на уровне синусов Вальсальвы более 40 мм считается патологичным, а данные по нормальному размеру фиброзного кольца (ФК) отличаются в различных публикациях, тем не менее, большинство авторов указывают на величину диаметра 25 мм как на верхний предел размера ФК [18, 19].

Разнятся также мнения касательно размеров створок аортального клапана. Конфигурация аортального клапана, по-видимому, соответствует постоянной схеме с определенной разницей в высоте между коаперирующими краями и фиброзным кольцом, что называется эффективной высотой, и соответствует величине 9-10 мм (у взрослых) в фазу диастолы [20]. Большинство авторов использует данный параметр в качестве показателя степени пролапса створок и включает его в рутинную оценку конфигурации клапана [21, 22]. Эффективную высоту следует отличать от тканевой высоты створок, называемой также геометрической [23]. Нормальные значения геометрической высоты при трикуспидальной анатомии аортального клапана находятся в диапазоне 13,5-17 мм [15].

В. Bierbach et al. выполнили систематическую оценку данного параметра у более чем 600 пациентов методом интраоперационных измерений [23]. По результатам исследования у 92,4% пациентов с трикуспидальной анатомией клапана и у 94,1% с бicuspidальной анатомией ( $23,85 \pm 2$  мм) выявлено увеличение геометрической высоты более 17 мм ( $20,2 \pm 1,2$  мм). Распределение напряжения в диастолу указывает на перикомиссуральные части створок как на области наибольшей нагрузки, а на центральные части вблизи свободного края, напротив, как на области с наименьшим напряжением [23].

### **Показания к операции: кому выполнять пластику аортального клапана?**

Основные показания к вмешательству на аортальном клапане достаточно известны и не нуждаются в освещении. Тем не менее, знания и опыт касательно показаний к восстановлению аортального клапана в настоящий момент по-прежнему ограничены. Современные клинические рекомендации не включают возможности пластической хирургии клапана аорты в качестве более раннего решения в пользу оперативного лечения. Кроме того, выполнение хирургического вмешательства в ранние сроки без известных показателей спонтанного прогноза (дисфункция левого желудочка, клиника ХСН) пока не представляется оправданным [24].

Реконструкция может рассматриваться для любой формы аортальной регургитации, при которой сохранена ткань створки, при условии устранения истинных причин недостаточности, что гарантирует длительный положительный результат операции [24]. Известно, что пластика не является приемлемым вариантом лечения аортальных стенозов [25]. Исключением является уни- или бicuspidальный врожденный аортальный стеноз, при котором реконструктивные вмешательства показали удовлетворительные и достаточно долговечные гемодинамические результаты [26].

Текущий опыт показывает, что наличие кальцификации или деформации створок является плохим прогностическим признаком для любого варианта пластики нативного аортального клапана, в том числе и имплантации листков аутоперикарда; протезирование — наиболее оптимальное решение для данной группы пациентов [7]. Определение «сохранности» и «годности» нативных створок точнее всего может основываться на интраоперационном измерении геометрической высоты створок, минимальные значения которой у взрослых составляют 17 мм для трикуспидального аорталь-

ного клапана и 20 мм — для бicuspidального [27]. Кроме того, утолщение ткани створок и их кальцификацию следует рассматривать в качестве основных факторов, приводящих к деформации клапана и несостоятельности пластики [28]. Исключением являются единичные кальцификаты, находящиеся в комиссурах между сросшимися створками в случаях с двустворчатой анатомией [26].

При наличии дилатации корня аорты как причины выраженной регургитации необходимо его протезирование, что позволяет сохранить нативный клапан с хорошим гемодинамическим эффектом [16]. Нормативные значения максимального размера аорты на уровне синусов, необходимые для принятия решения об изолированном восстановлении створок клапана или в сочетании с протезированием корня, по-прежнему четко не определены. Так, отдельными авторами сообщается, что верхняя граница данного размера не превышает 40 мм [18]. В случае с пациентами с выявленной би- или уникуспидальной анатомией, имеющими аортопатию в более чем 50% случаев, показанием для протезирования корня является размер более 40 мм, тогда как у лиц с трехстворчатым клапаном допустима величина до 45 мм [23].

Дилатация фиброзного кольца зачастую сопровождается аортальной недостаточностью и может трактоваться как расширение корня аорты [22].

Таким образом, реконструкция становится возможной для большинства патологий аортального клапана, приводящих к его выраженной регургитации. При трехстворчатом строении самой частой причиной недостаточности является пролапс створок, без или с наличием фенестрации [29]. При бicuspidальной анатомии пролапс или деформация спаянных по комиссурам створок выявляются постоянно [30]. Все эти состояния зачастую ассоциированы с дилатацией фиброзного кольца и аневризмой восходящей аорты.

Уни- и квадрикуспидальные аортальные клапаны характеризуются несколько иными причинами регургитации, что требует изменения дизайна реконструкции [31]. Ключевым механизмом формирования уникуспидальной анатомии является гипоплазия двух комиссур и дисплазия (чаще правой коронарной) одной из створок, и независимо от преобладающего гемодинамического профиля и наличия пролапса или кальцификации данная врожденная аномалия может быть подвержена реконструкции [32]. Механизмом дисфункции квадрикуспидального аортального клапана является ограничение коаптации за счет наличия дополнительной

комиссуры [32]. Ключевым моментом в реконструкции такого клапана служит устранение одной или двух дополнительных комиссур.

Следует отметить, что принятие решения касательно тактики хирургического лечения больных с аортальной патологией должно зависеть не только от анатомии порока, но и от ряда факторов, касающихся пациента, таких как возраст, род деятельности, занятия спортом или медицинские противопоказания [33]. Перечисленные факторы имеют прямое отношение к свободе от приема антикоагулянтов. Несомненно, альтернативные протезированию вмешательства, со всеми рисками и преимуществами, заслуживают внимания практикующих кардиохирургов. Наконец, сложность операции и ожидаемая долговечность реконструкции аортального клапана должны быть рассмотрены в контексте индивидуальных особенностей пациента и принятых рекомендаций. Таким образом, у молодого пациента с серьезными причинами к неиспользованию антикоагулянтов даже более сложная процедура пластики представляется оправданной в качестве альтернативы операции Росса [33]. С другой стороны, у больных пожилого возраста с хорошей ожидаемой функцией биопротеза от выполнения сложной реконструкции разумно воздержаться [24].

### **Хирургическая техника: экспозиция и оценка клапана**

Принципы реконструкции аортального клапана по Карпантье [34].

1. Широкое фиброзное кольцо и/или дилатация восходящей аорты — реимплантация и ремоделирование корня аорты.

2. Пропалс створок при нормальном ФК и восходящей аорте — пликация, суспензия комиссур, устранение фенестраций, дополнение створок заплатами.

3. Аортальный стеноз — «детские» техники.

4. Вегетации — санация клапана.

Первый этап реконструктивного вмешательства на аортальном клапане включает в себя систематическую оценку анатомии створок и корня аорты для определения природы дисфункции и формирования окончательного плана операции [35]. При экспозиции и интраоперационной оценке должны учитываться особенности, присущие аортальному клапану. В отличие от митрального клапана, аортальное фиброзное кольцо имеет больше структурных составляющих, таких как синотубулярный и аортовентрикулярный диаметры [19]. Нормальная геометрия аортального клапана и его створок зависит от состояния корня аорты

и направления комиссур в момент высокого давления.

Наиболее подробно подходы к экспозиции и оценке анатомии клапана рассмотрены и систематизированы в работах Н. Schäfers [34]. Диаметры фиброзного кольца, синотубулярной зоны и синусов должны быть оценены до пережатия аорты при помощи транспищеводной эхокардиографии. С целью экспозиции чаще используется поперечная аортотомия на 5–10 мм выше синотубулярной зоны, для предупреждения деформации корня аорты. В случае наличия сомнений целесообразно вести разрез немного выше указанного, чтобы избежать повреждения комиссур и, как следствие, необратимых нарушений структуры клапана. Для имитации физиологической формы корня возможно наложение швов-«держалок» на каждую из комиссур (полипропиленовая нить 4,0), что может также помочь в сохранении круговой ориентации комиссур при коррекции. Данные нити должны находиться в состоянии умеренного натяжения для экспозиции вверх и наружу. Оценка клапана начинается с определения ориентации комиссур, что имеет большое значение в случае двухстворчатой анатомии. С целью исключения или определения деформации створок необходимо измерение геометрической высоты каждой из них, особенно в случае с три- или квадрикуспидальной анатомией клапана. При двухстворчатом строении измеряется лишь геометрическая высота несаянной (свободной) створки (чаще некоронарной) по причине большей анатомической вариабельности скомпрометированных (спаянных) створок. Опыт показывает, что нарушения коаптации отсутствуют при величине геометрической высоты до 17 мм для трехстворчатого клапана и до 20 мм — для бикуспидального [35].

При визуальном осмотре следует измерять относительную высоту свободных краев створок с целью идентификации пролапса. При этом субъективная оценка лучше всего дополняется измерением эффективной высоты с использованием градуированного штангенциркуля (разработан Н. Schäfers) [35]. Полученную величину следует сопоставить с эхокардиографическими данными, что обеспечивает объективную и количественную оценку конфигурации створок [23]. Диаметр фиброзного кольца надежнее всего измерять путем прямой интубации с использованием булжа Гегара или аналогичного градуированного инструмента [35]. Как итог, у большинства пациентов диаметр фиброзного кольца оказывается больше измеренного по данным эхокардиографии.

## Хирургическая техника: коррекция пролапса

Пролапс створок без деформации — частая находка у пациентов со значимой недостаточностью трехстворчатого аортального клапана. Генерализованный пролапс может быть результатом миксоматозной дегенерации, приводящей к удлинению ткани створок в горизонтальной плоскости [36]. Нечастой причиной или усугубляющим фактором выраженной регургитации служат врожденные перикомиссуральные фенестрации [36]. Данные фенестрации не являются основной причиной недостаточности в случаях, когда они располагаются вне зоны коаптации створок. Однако поскольку фенестрации находятся в той части створок, которая испытывает наибольшее напряжение, тонкая нить, соединяющая свободный край с комиссурой, может расширяться вплоть до разрыва, что приводит к деформации клапана и пролапсу [35].

Пролапс является почти регулярной находкой у пациентов с бicuspidальной анатомией, что обусловлено спаянием створок. Кроме того, есть вероятность, что длительная умеренная регургитация может усугублять пролапс в бicuspidальном аортальном клапане, создавая тем самым «порочный» круг [30].

Целью коррекции пролапса является устранение избыточности тканей на уровне свободного края и смежных частей створок [37]. Некоторые авторы предлагают дополнять пластику швами из PTFE по свободному краю створок, причем удовлетворительные среднесрочные результаты этой методики публикуются по сей день [37].

Наиболее распространенной методикой с широко представленными результатами является коррекция пролапса путем шовной пликаций центральных частей свободных краев створок [38]. Данный подход представляется оправданным с точки зрения распределения наибольшего напряжения в аортальном клапане. Пликационные швы должны захватывать такое количество тканей, которое обеспечит максимальное напряжение комиссур. В случае, когда пролапс обусловлен изменением свободного края одной из створок, за основу реконструкции берется интактная створка, а избыточная ткань может быть устранена путем наложения полипропиленовых швов (5-0 или 6-0) на равном расстоянии от комиссур. Пролапс, обусловленный нарушением двух или трех створок, представляется более сложным для оценки и коррекции. В таких ситуациях целесообразно измерять эффективную высоту каждой из них при помощи градуированного штангенциркуля, причем любое значение ме-

нее 9 мм (при отсутствии деформации ткани створки) считается ненормальным. Наименее подверженной растягиванию створкой является левая коронарная, а наиболее — некоронарная. В случае вовлеченности в пролапс трех створок две, наименее растянутые, должны быть скорректированы на основании величины отклонения от нормальной эффективной высоты, а третья — по описанной выше методике. Использование одного или нескольких отдельных полипропиленовых швов (5-0 или 6-0) позволяет устранить избыток тканей в области свободных краев. Кроме того, если избыточная ткань распространяется на тело створки (определяется по складке, возникающей непосредственно в створке), пликационные швы могут накладываться глубже свободных краев. При этом резекция створок возможна, но нежелательна. Геометрический результат описанных маневров проверяется путем визуального осмотра и оценки относительной высоты свободных краев, а также при помощи повторного измерения эффективной высоты [38].

Коррекция пролапса при бicuspidальной анатомии аортального клапана представляется менее сложной в сравнении с трехстворчатым строением [30]. Экспозиция клапана идентична, но требует осторожности для предупреждения нарушения ориентации двух истинных комиссур. Оценка клапана начинается с измерения эффективной высоты неспянной створки. Поскольку уровень крепления к аорте спаянных створок может варьироваться, измерение их эффективной высоты представляется нецелесообразным, а свободный край плицируется с использованием (в качестве ориентира) неспянной створки. В случае снижения эффективной высоты ниже 10 мм необходимо плицировать свободный край до получения нормальной величины. После достижения приемлемого значения эффективной высоты неспянной створки, она становится ориентиром для дальнейшей реконструкции остальных частей клапана. Наложение швов на свободные края и расположение их на одинаковом расстоянии от комиссур помогает определить точное количество избыточной ткани створок, подлежащей удалению. Кроме того, это позволяет восстановить приемлемое качество ткани в случае поражения центральной части свободных краев фиброзом или ограниченным кальцинозом. Следующим этапом два соответствующих края спаянных створок адаптируют отдельными полипропиленовыми швами (нить 5-0) до тех пор, пока уровень не достигнет неспянной части клапана. После удаления швов-«держалок» выполняется радиальное натяжение створок по направлению

к двум комиссурам и производится повторная оценка относительной высоты свободных краев. В случае необходимости, возможно наложение дополнительных швов. Следует отметить, что в мировой литературе нет определенной тактики касемо рудиментарной комиссуры. Так, если имеется деформация и втягивание неспянной створки, рекомендуется резецировать ткани в области рудиментарной комиссуры, что может помочь устранить деформацию. В этом случае необходимо соблюдать осторожность во избежание перфорации фиброзного кольца [30].

Коррекция пролапса при наличии фенестрации створок устраняется иными методами. Врожденные фенестрации локализуются в перикомиссуральных зонах, отличаясь тем самым от эндокардитических перфораций, располагающихся в теле створок [36]. По сообщениям некоторых авторов, эта патология как причина выраженной регургитации встречается чаще бicuspidального аортального клапана [36]. Однако точных данных касательно распространенности фенестраций в литературе нет, что объясняется трудностью их визуализации. Кроме того, существует термин «стресс-фенестраций», рассматриваемых в контексте расширения корня аорты [39]. Тем не менее, фенестрации являются причиной выраженной аортальной недостаточности у 10% пациентов с нормальными размерами корня, а также выявляются у детей с трикуспидальной анатомией клапана [36].

Фенестрации не являются прямым фактором, ведущим к регургитации, так как располагаются в зоне коаптации створок. Обычное распределение стрессовой нагрузки на створки в фазу диастолы передается на тонкий участок ткани, соединяющий свободный край с комиссурой. Это может приводить к растяжению или разрыву указанного участка, тем самым приводя к пролапсу и регургитации [34].

В последние годы данную патологию предлагают устранять при помощи закрытия фенестраций аутоперикардиальными листками, что позволяет нормализовать геометрию створок и распределение нагрузки [40]. Участок аутоперикарда фиксируют на специальном планшете с помощью гемоклипов, затем экспозируют по 3 мин в 1,5% растворе глютаральдегида и в солевом растворе соответственно [40]. Экспозиция клапана выполняется наложением швов-«держалок» на комиссуры, выполняется оценка состояния створок и степени пролапса. Чаще всего выявляется компрометация правой коронарной створки, а фенестрации в большинстве случаев располагаются в комиссуре между правой и некоронарной створками. В такой

ситуации накладываются 2 фиксационных шва на края створок, направляя их по возможности по двум нормальным линиям коаптации. Третий шов накладывается через Аранциевы узелки этих створок и фиксируется позади, поддерживая постоянное напряжение в пораженной части правого коронарного лепестка. Заплата из аутоперикарда подшивается к аннулярной части фенестрации нитью полипропилен 6-0, урезается до необходимого размера и дошивается циркулярными швами. При выполнении данной манипуляции необходимо соблюдать осторожность во избежание какого-либо втягивания ткани створки аутоперикардиальной заплатой, что достигается оставлением более широкого участка аутологичного имплантата. После окончания пластики, повторно оценивается конфигурация створок по описанной выше методике. Оставшаяся деформация устраняется наложением пликационных швов между краями створок [40].

Деформация ткани створок — это ключевой механизм ревматической аортальной регургитации, что чаще встречается у пациентов старшей группы [41]. При этом деформация нарушает как ширину, так и высоту створок. По причине сложности интраоперационной оценки ширины, у этой категории пациентов также применяется методика измерения высоты створок. При ревматическом поражении аортального клапана почти всегда наблюдается утолщение как свободных краев, так и тел створок.

Несмотря на устоявшееся мнение об однозначной необходимости протезирования у пациентов с ревматическим пороком аортального клапана, ряд ученых описывает методики реконструкции у таких больных. Пластика включает иссечение утолщенных свободных краев, дополнение створок ауто- или перикардиальными вставками или синтетическими полосками [41]. Однако в большинстве публикаций показаны неудовлетворительные отдаленные результаты этого вида пластики [42]. Таким образом, предпочтительно исключать вариант пластики нативного клапана у пациентов с деформированными створками и ограничиться его протезированием [42].

### **Коррекция уникуспидального и квадрикуспидального аортального клапана**

Более сложными для хирургической коррекции являются врожденные аномалии в виде уникуспидального и квадрикуспидального аортального клапана. Уникуспидальный клапан характеризуется одной (чаще некоронарной или левой коронарной) нормальной створкой и 2



гипоплазированными комиссурами [43]. Правая коронарная створка обычно утолщена и диспластична, а ее крепление к фиброзному кольцу, включая комиссуры, характеризуется как патологическое. Принцип любой реконструкции данной патологии состоит в формировании нормальной конфигурации створок и физиологической комиссуральной высоты. Попытки преобразования уникуспидальной анатомии в трикуспидальную описываются в нескольких опубликованных работах, однако авторы указывают, что данная концепция применима только для ограниченной части клапанов, а интраоперационная конверсия на протезирование составила 30% [43]. По этой причине некоторые исследователи предлагают модифицировать одностворчатый аортальный клапан в двухстворчатый, используя анатомические детерминанты, характерные для бикуспидальной анатомии [44]. По мере накопления опыта данная процедура немного видоизменилась с целью создания симметричной двухстворчатой конфигурации [45]. Аорта типично вскрывается в восходящем отделе поперечным разрезом, а фиксационные швы накладываются на ее стенку в проекции естественного расположения комиссур. Кроме того, дополнительный фиксационный шов накладывается напротив нормальной комиссуры, обычно немного левее и спереди от устья правой коронарной артерии. Проводится тщательная ревизия ткани створок: в большинстве случаев широкая часть левой коронарной и некоронарной створок хорошо сохранена. Далее на соответствующие точки свободных краев накладываются швы-«держалки», что позволяет определить части клапана, которые имеют нормальную ткань и конфигурацию. Диспластичная и мальформированная правая коронарная створка резецируется вместе с комиссурами. На стенке корня аорты маркируется проекция передней комиссуры, которая должна быть выше устья правой коронарной артерии. Следующим этапом готовится два аутоперикардальных лоскута размером около 2 см в ширину и 2,5 см в длину. Лоскуты могут быть обрезаны для придания округлой формы и простоты подшивания к стенке аорты. Для фиксации аутоперикарда применяется непрерывный шов (полипропиленовая нить 5-0), с подшиванием к остаткам ткани створок и стенки аорты до уровня неокомиссуры. По окончании имплантации створка должна иметь геометрическую высоту не менее 20 мм, а свободные края укорачиваются до достижения эффективной высоты 10 мм [45].

Квадрикуспидальная анатомия аортального клапана — редкая врожденная патология,

доля которой среди оперированных пациентов составляет менее 1% [46]. Существует несколько морфологических вариантов четырехстворчатого клапана, часто с одной гипоплазированной створкой по отношению к трем другим. Механизм регургитации заключается в рестрикции ткани створки в области дополнительной комиссуры в сочетании с гипоплазией и деформацией. Большинство авторов предлагают конверсию данной анатомии в трикуспидальную или бикуспидальную [46]. Это достигается путем отделения одной или двух дополнительных комиссур, а также путем растяжения или замещения створки с целью обеспечения адекватной центральной коаптации. Экспозиция аортального клапана аналогична описанным выше операциям. При наложении фиксационных швов на области комиссур следует соблюдать осторожность, дабы не нарушить существующую анатомию. Визуальная оценка клапана направлена на выявление одной или двух гипоплазированных комиссур, а измеренная интраоперационно геометрическая высота может послужить в качестве дополнительного параметра. После обнаружения гипоплазированных створок требуется их иссечение. Далее выполняется адаптация прилегающих краев створок отдельными швами нитью полипропилен 5-0 и 6-0. Линия шва переходит по направлению к свободным краям до достижения эффективной высоты от 9 до 10 мм. Для симметричных квадрикуспидальных аортальных клапанов возможно устранение двух дополнительных комиссур, таким образом они преобразуются в симметричные бикуспидальные [46].

### Аннулопластика

Концепция аортальной аннулопластики на протяжении многих лет пропагандировалась по аналогии с митральной пластикой. Последние работы указывают на расширение фиброзного кольца аортального клапана как на фактор риска ухудшения результатов изолированной пластики [47]. Ранние исследования показывают, что применение аннулопластики увеличивает шансы на успех в восстановительной хирургии аортального клапана и позволяет достигнуть полной его компетентности [48]. Кроме того, существует тенденция к большей свободе от повторных операций по сравнению с изолированной пластикой.

Укрепляющий шов (PTFE) накладывается по окружности корня аорты на уровне фиброзного кольца. Предпочтительным является наружное расположение данного шва. Для об-

легчения доступа необходимо отделить аорту от легочного ствола до уровня фиброзного кольца. Ткань левого предсердия также подлежит отделению от аорты до уровня точки надир или некоронарного синуса. Следующим этапом накладывают двухрядный шов в проекции между правой и левой коронарными створками. Позади аортальную область следует обнажать тупым методом во избежание повреждения ствола левой коронарной артерии. Задняя часть шва должна накладываться максимально близко к стенке аорты с целью профилактики повреждения огибающей артерии при ее высоком отхождении. Нить завязывается тангенциально в проекции надир некоронарной створки. Передняя часть шва может проходить через миокард правого желудочка, спереди от правого коронарного синуса, с профилактикой возможного захвата мембранозной части межжелудочковой перегородки. Передний шов также фиксируется тангенциально снаружи и ниже некоронарной створки. Следует отметить, что аннулопластику необходимо выполнять с использованием буца Гегара (не более 25 мм) с помещением его в выводной тракт левого желудочка [47].

### Результаты

Общие риски пластики аортального клапана в изолированном виде или как компонент сочетанного вмешательства не выше, чем у пациентов с протезированием [49]. Так, например, риск полной АВ-блокады ниже и составляет менее 0,5% [50]. Кроме того, отдаленный период после реконструктивных операций характеризуется меньшей частотой развития тромбоэмболических осложнений. Данные осложнения встречались лишь у пациентов с сопутствующей фибрилляцией предсердий и тромбофилией [49]. Также намного ниже частота развития эндокардитов, которая составляет при этом менее чем 0,2% [50]. Общее число клапансвязанных осложнений не превышает 2%, что значительно меньше по сравнению с протезированием [50]. Наиболее частым осложнением этой группы является рецидив регургитации. Таким образом, функциональность в отдаленном периоде является главной контрольной точкой и зависит, прежде всего, от исходной морфологии и патологии клапана [49].

Реконструкция нативного трехстворчатого аортального клапана включает в себя коррекцию пролапса и ретракции створок. Больше всего результатов опубликовано в контексте коррекции пролапса, причем 5-летняя нормальная функциональность оперированного

клапана составляет 95-100% [38]. Большинство реконструкций выполняется путем пликации избыточной ткани створок [25]. Данные, касающиеся использования швов и полосок из PTFE, в литературе представлены скудно [37]. Сопутствующая коррекция фенестраций, усугубляющих степень пролапса, оказалась не связанной со снижением долговечности нормальной работы клапана, несмотря на более сложное вмешательство и использование перикардальных вставок [40]. Среднеотдаленные результаты, публикуемые касательно укрепления створок по свободным краям, единичны [37]. Реконструктивные процедуры пациентам с рестрикцией створок выполнялись некоторыми учеными, и характеризовались свободой от каких-либо осложнений в течение 3 лет [51].

Восстановление бicuspidального аортального клапана показывает неоднозначные результаты. Хорошие ранние результаты опубликованы в нескольких работах, однако в среднеотдаленном периоде отмечается рост доли реопераций [52, 53]. Сопутствующая дилатация корня аорты — одна из главных причин повторных вмешательств после изолированной пластики аортального клапана [54]. Последние исследования указывают на триангулярную резекцию ткани створок как на независимую причину дисфункции в отдаленном периоде [53]. В одной из недавних работ, посвященной оценке отдаленного периода после пластики бicuspidального аортального клапана у 300 пациентов, отмечается, что нарушение ориентации комиссур, использование перикардальной вставки, длительно существующий пролапс, а также расширение фиброзного кольца являются независимыми факторами риска реопераций [45]. По данным авторов, неблагоприятная анатомия связана с 50% дисфункцией оперированного клапана в течение 5 лет, тогда как благоприятная — с 10%. В настоящее время, по-прежнему неясно, являются ли вышеописанные факторы взаимосвязанными. Тем не менее, большинство ученых указывают на расширение фиброзного кольца как на главную причину неудачи в пластике аортального клапана.

Стандартизованная тактика относительно коррекции бicuspidальной анатомии в настоящий момент отсутствует. Согласно имеющимся публикациям, наиболее предпочтительна бicuspidализация с формированием неокониссуры напротив естественной, а успешная пластика возможна при менее чем 50% поражении тела створки фиброзом или кальцинозом [55].

### Заключение

Пластическая хирургия клапана аорты



динамично эволюционирует, что связано с улучшением понимания анатомии корня и геометрии створок. Первостепенной причиной аортальной недостаточности в промышленных странах является пролапс на фоне би- или трикуспидальной анатомии.

Реконструкция, основанная на устранении пролапса створок и фенестраций, может быть выполнена вполне успешно. В случае деформации створок существующие пластические техники пока не позволяют добиться даже среднесрочной функциональности.

Врожденные мальформации аортального клапана требуют понимания топографии створок, комиссур и корня аорты. Двустворчатая анатомия характеризуется специфической комиссуральной ориентацией и расширением фиброзного кольца, что может ухудшить прогноз реконструкции нативного клапана. Уникуспидальная анатомия достаточно часто поддается успешной пластике благодаря технике создания симметричного бикуюспидального клапана. Квадрикуспидальный клапан — редкая патология, которая конвертируется в би- или трикуспидальную анатомию с удовлетворительными среднеотдаленными результатами.

### Финансирование

Работа выполнялась в соответствии с планом научных исследований Первого Московского государственного медицинского университета им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовского Университета). Финансовой поддержки со стороны компаний-производителей лекарственных препаратов и изделий медицинского назначения авторы не получали.

### Конфликт интересов

Авторы заявляют, что конфликт интересов отсутствует.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Taylor W, Thrower W, Black H, Harken DE. The surgical correction of aortic insufficiency by circumclusion. *J Thorac Surg.* 1958 Feb;35(2):192-205 passim. doi: 10.1016/S0096-5588(20)30272-5
2. Ross DN. Surgical reconstruction of the aortic valve. *Lancet.* 1963 Mar 16;1(7281):571-74. doi: 10.1016/s0140-6736(63)92687-4
3. David TE, Feindel CM. An aortic valve-sparing operation for patients with aortic incompetence and aneurysm of the ascending aorta. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1992 Apr;103(4):617-21; discussion 622. doi: 10.1016/S0022-5223(19)34942-6
4. Yacoub MH, Gehle P, Chandrasekaran V, Birks EJ, Child A, Radley-Smith R. Late results of a valve-preserving operation in patients with aneurysms of the ascending aorta and root. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1998 May;115(5):1080-90. doi: 10.1016/S0022-5223(98)70408-8
5. El Khoury G, de Kerchove L. Principles of aortic valve repair. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2013 Mar;145(3 Suppl):S26-29. doi: 10.1016/j.jtcvs.2012.11.071
6. Yousry M, Rickenlund A, Petrini J, Jenner J, Liska J, Eriksson P, Franco-Cereceda A, Eriksson MJ, Caidahl K. Aortic valve type and calcification as assessed by transthoracic and transoesophageal echocardiography. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2015 Jul;35(4):306-13. doi: 10.1111/cpf.12166
7. Regeer MV, Versteegh MI, Klautz RJ, Stijnen T, Schali J, Bax JJ, Ajmone Marsan N, Delgado V. Aortic valve repair versus replacement for aortic regurgitation: effects on left ventricular remodeling. *J Card Surg.* 2015 Jan;30(1):13-19. doi: 10.1111/jocs.12457
8. Hammermeister K, Sethi GK, Henderson WG, Grover FL, Oprian C, Rahimtoola SH. Outcomes 15 years after valve replacement with a mechanical versus a bioprosthetic valve: final report of the Veterans Affairs randomized trial. *J Am Coll Cardiol.* 2000 Oct;36(4):1152-58. doi: 10.1016/s0735-1097(00)00834-2
9. Frater RW. Aortic valve insufficiency due to aortic dilatation: correction by sinus rim adjustment. *Circulation.* 1986 Sep;74(3 Pt 2):1136-42.
10. Durán CM, Alonso J, Gaité L, Alonso C, Cagigas JC, Marce L, Fleitas MG, Revuelta JM. Long-term results of conservative repair of rheumatic aortic valve insufficiency. *Eur J Cardiothorac Surg.* 1988;2(4):217-23. doi: 10.1016/1010-7940(88)90075-9
11. Cosgrove DM, Rosenkranz ER, Hendren WG, Ba Bartlett JC, Stewart WJ. Valvuloplasty for aortic insufficiency. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1991 Oct;102(4):571-76; discussion 576-7. [https://www.jtcvs.org/article/S0022-5223\(20\)31429-X/pdf](https://www.jtcvs.org/article/S0022-5223(20)31429-X/pdf)
12. Boodhwani M, El Khoury G. Aortic Valve Repair. *Op Tech Thorac Cardiovasc Surg.* 2009 Dec 01;14(4):266-80. doi: <https://doi.org/10.1053/j.optechstcvs.2009.11.002>
13. Boodhwani M, El Khoury G, de Kerchove L. Graft sizing for aortic valve sparing surgery. *Ann Cardiothorac Surg.* 2013 Jan;2(1):140-43. doi: 10.3978/j.issn.2225-319X.2013.01.13
14. de Kerchove L, Jashari R, Boodhwani M, Duy KTKT, Lengel B, Gianello P, Mosala Nezhad Z, Astarci P, Noirhomme P, El Khoury G. Surgical anatomy of the aortic root: implication for valve-sparing reimplantation and aortic valve annuloplasty. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2015 Feb;149(2):425-33. doi: 10.1016/j.jtcvs.2014.09.042
15. Kunzelman KS, Grande KJ, David TE, Cochran RP, Verrier ED. Aortic root and valve relationships. Impact on surgical repair. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1994 Jan;107(1):162-70.
16. Schäfers HJ. Aortic annuloplasty: a new aspect of aortic valve repair. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2012 May;41(5):1124-25. doi: 10.1093/ejcts/ezr284
17. Mangini A, Contino M, Romagnoni C, Lemma M, Gelpi G, Vanelli P, Colombo S, Antona C. Aortic valve repair: a ten-year single-centre experience. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2014 Jul;19(1):28-35. doi: 10.1093/icvts/ivu058
18. Evangelista A, Flachskampf FA, Erbel R, Antonini-Canterin F, Vlachopoulos C, Rocchi G, Sicari R, Nihoyannopoulos P, Zamorano J; European Association of Echocardiography; Document Reviewers: Pepi M,

- Breithardt OA, Plonska-Gosciński E. Echocardiography in aortic diseases: EAE recommendations for clinical practice. *Eur J Echocardiogr.* 2010 Sep;11(8):645-58. doi: 10.1093/ejehocardiography/jeq056
19. Loukas M, Bilinsky E, Bilinsky S, Blaak C, Tubbs RS, Anderson RH. The anatomy of the aortic root. *Clin Anat.* 2014 Jul;27(5):748-56. doi: 10.1002/ca.22295
20. Schäfers HJ, Bierbach B, Aicher D. A new approach to the assessment of aortic cusp geometry. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2006 Aug;132(2):436-68. doi: 10.1016/j.jtcvs.2006.04.032
21. Oka T, Okita Y, Matsumori M, Okada K, Minami H, Munakata H, Inoue T, Tanaka A, Sakamoto T, Omura A, Nomura T. Aortic regurgitation after valve-sparing aortic root replacement: modes of failure. *Ann Thorac Surg.* 2011 Nov;92(5):1639-44. doi: 10.1016/j.athoracsur.2011.06.080
22. Lansac E, Di Cerna I, Sleilaty G, Lejeune S, Khelil N, Berrebi A, Diakov C, Mankoubi L, Malergue MC, Noghin M, Zannis K, Salvi S, Dervanian P, Debauchez M. Long-term results of external aortic ring annuloplasty for aortic valve repair. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2016 Aug;50(2):350-60. doi: 10.1093/ejcts/ezw070
23. Bierbach BO, Aicher D, Issa OA, Bomberg H, Gräber S, Glombitza P, Schäfers HJ. Aortic root and cusp configuration determine aortic valve function. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2010 Oct;38(4):400-6. doi: 10.1016/j.ejcts.2010.01.060
24. Sharma V, Suri RM, Dearani JA, Burkhart HM, Park SJ, Joyce LD, Li Z, Schaff HV. Expanding relevance of aortic valve repair-is earlier operation indicated? *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2014 Jan;147(1):100-7. doi: 10.1016/j.jtcvs.2013.08.015
25. Boodhwani M, El Khoury G. Aortic valve repair: indications and outcomes. *Curr Cardiol Rep.* 2014;16(6):490. doi: 10.1007/s11886-014-0490-7
26. d'Udekem Y, Siddiqui J, Seaman CS, Konstantinov IE, Galati JC, Cheung MM, Brizard CP. Long-term results of a strategy of aortic valve repair in the pediatric population. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2013 Feb;145(2):461-67; discussion 467-9. doi: 10.1016/j.jtcvs.2012.11.033
27. Schäfers HJ, Schmied W, Marom G, Aicher D. Cusp height in aortic valves. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2013 Aug;146(2):269-74. doi: 10.1016/j.jtcvs.2012.06.053
28. Totaro P, Morganti S, Yon CL, Dore R, Conti M, Auricchio F, Vigano M. Computational finite element analyses to optimize graft sizing during aortic valve-sparing procedure. *J Heart Valve Dis.* 2012 Mar;21(2):141-47. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22645846/>
29. Lansac E, de Kerchove L. Aortic valve repair techniques: state of the art. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2018 Jun 1;53(6):1101-07. doi: 10.1093/ejcts/ezyl176
30. Arnaoutakis G, Sultan I, Siki M, Bavaria J. Bicuspid aortic valve repair: systematic review on long-term outcomes. *Ann Cardiothorac Surg.* 2019 May;8(3):302-12. doi: 10.21037/acs.2019.05.08
31. Singh S, Ghayal P, Mathur A, Mysliwiec M, Lovoulos C, Solanki P, Klapholz M, Maher J. Unicuspid unicommissural aortic valve: an extremely rare congenital anomaly. *Tex Heart Inst J.* 2015 Jun 1;42(3):273-76. doi: 10.14503/THIJ-13-3634
32. Yuan SM. Quadricuspid Aortic Valve: A Comprehensive Review. *Braz J Cardiovasc Surg.* 2016 Nov-Dec;31(6):454-60. doi: 10.5935/1678-9741.20160090
33. Wong CHM, Chan JSK, Sanli D, Rahimli R, Harky A. Aortic valve repair or replacement in patients with aortic regurgitation: A systematic review and meta-analysis. *J Card Surg.* 2019 Jun;34(6):377-84. doi: 10.1111/jocs.14032
34. Carpentier A. Cardiac valve surgery – the “French correction”. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1983 Sep;86(3):323-37. [https://doi.org/10.1016/S0022-5223\(19\)39144-5](https://doi.org/10.1016/S0022-5223(19)39144-5)
35. Schäfers HJ. The 10 Commandments for Aortic Valve Repair. *Innovations (Phila).* 2019 Jun;14(3):188-98. doi: 10.1177/1556984519843909
36. Cheruvu C, Mathur G, Akhunji Z, Grant P, Wolfenden H, Cranney G. Aortic Valve Fenestration – An Under Reported Observation in Aortic Regurgitation. *Heart Lung Circ.* 2013;22(1):165. doi: <https://doi.org/10.1016/j.hlc.2013.05.394>
37. David TE, Armstrong S. Aortic cusp repair with Gore-Tex sutures during aortic valve-sparing operations. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2010 May;139(5):1340-42. doi: 10.1016/j.jtcvs.2009.06.010
38. de Kerchove L, Boodhwani M, Glineur D, Poncellet A, Rubay J, Watremez C, Vanoverschelde JL, Noirhomme P, El Khoury G. Cusp prolapse repair in trileaflet aortic valves: free margin plication and free margin resuspension techniques. *Ann Thorac Surg.* 2009 Aug;88(2):455-61; discussion 461. doi: 10.1016/j.athoracsur.2009.04.064
39. Losenno K, Johnson M, Chu M. 688 Fenestrations of the Aortic Valve Cusps: Are They Related to Variations in Cusp Size? *Can J Cardiol.* 2012; 28(5 Suppl):361. doi: 10.1016/j.cjca.2012.07.622
40. Schäfers HJ, Langer F, Glombitza P, Kuniyara T, Fries R, Aicher D. Aortic valve reconstruction in myxomatous degeneration of aortic valves: are fenestrations a risk factor for repair failure? *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2010 Mar;139(3):660-64. doi: 10.1016/j.jtcvs.2009.06.025
41. Tekumit H, Cenal AR, Tataroglu C, Uzun K, Polat A, Akinci E. Cusp shaving for concomitant mild to moderate rheumatic aortic insufficiency. *J Card Surg.* 2010 Jan-Feb;25(1):16-22. doi: 10.1111/j.1540-8191.2009.00948.x
42. Haydar HS, He GW, Hovaguimian H, McIrvin DM, King DH, Starr A. Valve repair for aortic insufficiency: surgical classification and techniques. *Eur J Cardiothorac Surg.* 1997 Feb;11(2):258-65. doi: 10.1016/s1010-7940(96)01014-7
43. Prêtre R, Kadner A, Dave H, Bettex D, Genoni M. Tricuspidisation of the aortic valve with creation of a crown-like annulus is able to restore a normal valve function in bicuspid aortic valves. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2006 Jun;29(6):1001-6. doi: 10.1016/j.ejcts.2006.01.068
44. Schäfers HJ, Aicher D, Riodioncheva S, Lindinger A, Rädle-Hurst T, Langer F, Abdul-Khalik H. Bicuspidization of the unicuspid aortic valve: a new reconstructive approach. *Ann Thorac Surg.* 2008 Jun;85(6):2012-18. doi: 10.1016/j.athoracsur.2008.02.081
45. Aicher D, Kuniyara T, Abou Issa O, Brittner B, Gräber S, Schäfers HJ. Valve configuration determines long-term results after repair of the bicuspid aortic valve. *Circulation.* 2011 Jan 18;123(2):178-85. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.109.934679
46. Luciani GB, Morjan M, Faggian G, Mazzucco A. Repair of quadricuspid aortic valve by bicuspidization: a novel technique. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.*

2010 Sep;11(3):348-50. doi: 10.1510/icvts.2010.237404  
 47. Kuniyama T, Aicher D, Rodionicheva S, Groesdonk HV, Langer F, Sata F, Schäfers HJ. Preoperative aortic root geometry and postoperative cusp configuration primarily determine long-term outcome after valve-preserving aortic root repair. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2012 Jun;143(6):1389-95. doi: 10.1016/j.jtcvs.2011.07.036  
 48. Basmadjian L, Basmadjian AJ, Stevens LM, Mongeon FP, Cartier R, Poirier N, El Hamamsy I. Early results of extra-aortic annuloplasty ring implantation on aortic annular dimensions. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2016 May;151(5):1280-85.e1. doi: 10.1016/j.jtcvs.2015.12.014  
 49. Aicher D, Fries R, Rodionicheva S, Schmidt K, Langer F, Schäfers HJ. Aortic valve repair leads to a low incidence of valve-related complications. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2010 Jan;37(1):127-32. doi: 10.1016/j.ejcts.2009.06.021  
 50. Jamieson WR, Burr LH, Miyagishima RT, Germann E, Macnab JS, Stanford E, Chan F, Janusz MT, Ling H. Carpentier-Edwards supra-annular aortic porcine bioprosthesis: clinical performance over 20 years. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2005 Oct;130(4):994-1000. doi: 10.1016/j.jtcvs.2005.03.040  
 51. Tan Z, Valchanov K, Klein A. Complications in aortic surgery: are CSF drains to be blamed? Comment on Br J Anaesth 2018; 120: 904-913. *Br J Anaesth.* 2018 Oct;121(4):987. doi: 10.1016/j.bja.2018.07.018  
 52. El Khoury G, Vanoverschelde JL, Glineur D, Pierard F, Verhelst RR, Rubay J, Funken JC, Watremez C, Astarci P, Lacroix V, Poncelet A, Noirhomme P. Repair of bicuspid aortic valves in patients with aortic regurgitation. *Circulation.* 2006 Jul 4;114(1 Suppl):I610-16. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.105.001594  
 53. Casselman FP, Gillinov AM, Akhrass R, Kasirajan V, Blackstone EH, Cosgrove DM. Intermediate-term durability of bicuspid aortic valve repair for prolapsing leaflet. *Eur J Cardiothorac Surg.* 1999 Mar;15(3):302-8. doi: 10.1016/s1010-7940(99)00003-2  
 54. Beroukhim RS, Graham DA, Margossian R, Brown DW, Geva T, Colan SD. An echocardiographic model predicting severity of aortic regurgitation in congenital heart disease. *Circ Cardiovasc Imaging.* 2010 Sep;3(5):542-49. doi: 10.1161/CIRCIMAGING.110.957175  
 55. Elkins RC, Knott-Craig CJ, McCue C, Lane MM. Congenital aortic valve disease. Improved survival and quality of life. *Ann Surg.* 1997 May;225(5):503-10; discussion 510-1. doi: 10.1097/00000658-199705000-00007

## REFERENCES

1. Taylor W, Thrower W, Black H, Harken DE. The surgical correction of aortic insufficiency by circumclusion. *J Thorac Surg.* 1958 Feb;35(2):192-205 passim. doi: 10.1016/S0096-5588(20)30272-5  
 2. Ross DN. Surgical reconstruction of the aortic valve. *Lancet.* 1963 Mar 16;1(7281):571-74. doi: 10.1016/s0140-6736(63)92687-4  
 3. David TE, Feindel CM. An aortic valve-sparing operation for patients with aortic incompetence and aneurysm of the ascending aorta. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1992 Apr;103(4):617-21; discussion 622. doi: 10.1016/S0022-5223(19)34942-6  
 4. Yacoub MH, Gehle P, Chandrasekaran V, Birks

EJ, Child A, Radley-Smith R. Late results of a valve-preserving operation in patients with aneurysms of the ascending aorta and root. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1998 May;115(5):1080-90. doi: 10.1016/S0022-5223(98)70408-8  
 5. El Khoury G, de Kerchove L. Principles of aortic valve repair. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2013 Mar;145(3 Suppl):S26-29. doi: 10.1016/j.jtcvs.2012.11.071  
 6. Yousry M, Rickenlund A, Petrini J, Jenner J, Liska J, Eriksson P, Franco-Cereceda A, Eriksson MJ, Caidahl K. Aortic valve type and calcification as assessed by transthoracic and transoesophageal echocardiography. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2015 Jul;35(4):306-13. doi: 10.1111/cpf.12166  
 7. Regeer MV, Versteegh MI, Klautz RJ, Stijnen T, Schalij MJ, Bax JJ, Ajmone Marsan N, Delgado V. Aortic valve repair versus replacement for aortic regurgitation: effects on left ventricular remodeling. *J Card Surg.* 2015 Jan;30(1):13-19. doi: 10.1111/jocs.12457  
 8. Hammermeister K, Sethi GK, Henderson WG, Grover FL, Oprian C, Rahimtoola SH. Outcomes 15 years after valve replacement with a mechanical versus a bioprosthetic valve: final report of the Veterans Affairs randomized trial. *J Am Coll Cardiol.* 2000 Oct;36(4):1152-58. doi: 10.1016/s0735-1097(00)00834-2  
 9. Frater RW. Aortic valve insufficiency due to aortic dilatation: correction by sinus rim adjustment. *Circulation.* 1986 Sep;74(3 Pt 2):1136-42.  
 10. Durán CM, Alonso J, Gaité L, Alonso C, Cagigas JC, Marce L, Fleitas MG, Revuelta JM. Long-term results of conservative repair of rheumatic aortic valve insufficiency. *Eur J Cardiothorac Surg.* 1988;2(4):217-23. doi: 10.1016/1010-7940(88)90075-9  
 11. Cosgrove DM, Rosenkranz ER, Hendren WG, Bartlett JC, Stewart WJ. Valvuloplasty for aortic insufficiency. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1991 Oct;102(4):571-76; discussion 576-7. [https://www.jtcvs.org/article/S0022-5223\(20\)31429-X/pdf](https://www.jtcvs.org/article/S0022-5223(20)31429-X/pdf)  
 12. Boodhwani M, El Khoury G. Aortic Valve Repair. *Op Tech Thorac Cardiovasc Surg.* 2009 Dec 01;14(4):266-80. doi: <https://doi.org/10.1053/j.optechstcvs.2009.11.002>  
 13. Boodhwani M, El Khoury G, de Kerchove L. Graft sizing for aortic valve sparing surgery. *Ann Cardiothorac Surg.* 2013 Jan;2(1):140-43. doi: 10.3978/j.issn.2225-319X.2013.01.13  
 14. de Kerchove L, Jashari R, Boodhwani M, Duy KT, Lengelé B, Gianello P, Mosala Nezhad Z, Astarci P, Noirhomme P, El Khoury G. Surgical anatomy of the aortic root: implication for valve-sparing reimplantation and aortic valve annuloplasty. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2015 Feb;149(2):425-33. doi: 10.1016/j.jtcvs.2014.09.042  
 15. Kunzelman KS, Grande KJ, David TE, Cochran RP, Verrier ED. Aortic root and valve relationships. Impact on surgical repair. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1994 Jan;107(1):162-70.  
 16. Schäfers HJ. Aortic annuloplasty: a new aspect of aortic valve repair. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2012 May;41(5):1124-25. doi: 10.1093/ejcts/ezr284  
 17. Mangini A, Contino M, Romagnoni C, Lemma M, Gelpi G, Vanelli P, Colombo S, Antona C. Aortic valve repair: a ten-year single-centre experience. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2014 Jul;19(1):28-35. doi: 10.1093/icvts/ivu058  
 18. Evangelista A, Flachskampf FA, Erbel R, Sicari R, Nihoyannopoulos P, Zamorano J; European Association of Echocardiography; Document Reviewers: Pepi M,

- Breithardt OA, Plonska-Gosciniak E. Echocardiography in aortic diseases: EAE recommendations for clinical practice. *Eur J Echocardiogr.* 2010 Sep;11(8):645-58. doi: 10.1093/ejehocardiography/eq056
19. Loukas M, Bilinsky E, Bilinsky S, Blaak C, Tubbs RS, Anderson RH. The anatomy of the aortic root. *Clin Anat.* 2014 Jul;27(5):748-56. doi: 10.1002/ca.22295
20. Schäfers HJ, Bierbach B, Aicher D. A new approach to the assessment of aortic cusp geometry. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2006 Aug;132(2):436-68. doi: 10.1016/j.jtcvs.2006.04.032
21. Oka T, Okita Y, Matsumori M, Okada K, Minami H, Munakata H, Inoue T, Tanaka A, Sakamoto T, Omura A, Nomura T. Aortic regurgitation after valve-sparing aortic root replacement: modes of failure. *Ann Thorac Surg.* 2011 Nov;92(5):1639-44. doi: 10.1016/j.athoracsur.2011.06.080
22. Lansac E, Di Cerna I, Sleilaty G, Lejeune S, Khelil N, Berrebi A, Diakov C, Mankoubi L, Malergue MC, Noghin M, Zannis K, Salvi S, Dervanian P, Debauchez M. Long-term results of external aortic ring annuloplasty for aortic valve repair. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2016 Aug;50(2):350-60. doi: 10.1093/ejcts/ezw070
23. Bierbach BO, Aicher D, Issa OA, Bomberg H, Gräber S, Glombitza P, Schäfers HJ. Aortic root and cusp configuration determine aortic valve function. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2010 Oct;38(4):400-6. doi: 10.1016/j.ejcts.2010.01.060
24. Sharma V, Suri RM, Dearani JA, Burkhart HM, Park SJ, Joyce LD, Li Z, Schaff HV. Expanding relevance of aortic valve repair: is earlier operation indicated? *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2014 Jan;147(1):100-7. doi: 10.1016/j.jtcvs.2013.08.015
25. Boodhwani M, El Khoury G. Aortic valve repair: indications and outcomes. *Curr Cardiol Rep.* 2014;16(6):490. doi: 10.1007/s11886-014-0490-7
26. d'Udekem Y, Siddiqui J, Seaman CS, Konstantinov IE, Galati JC, Cheung MM, Brizard CP. Long-term results of a strategy of aortic valve repair in the pediatric population. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2013 Feb;145(2):461-67; discussion 467-9. doi: 10.1016/j.jtcvs.2012.11.033
27. Schäfers HJ, Schmied W, Marom G, Aicher D. Cusp height in aortic valves. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2013 Aug;146(2):269-74. doi: 10.1016/j.jtcvs.2012.06.053
28. Totaro P, Morganti S, Yon CL, Dore R, Conti M, Auricchio F, Vigano M. Computational finite element analyses to optimize graft sizing during aortic valve-sparing procedure. *J Heart Valve Dis.* 2012 Mar;21(2):141-47. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22645846/>
29. Lansac E, de Kerchove L. Aortic valve repair techniques: state of the art. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2018 Jun 1;53(6):1101-07. doi: 10.1093/ejcts/ezy176
30. Arnaoutakis G, Sultan I, Siki M, Bavaria J. Bicuspid aortic valve repair: systematic review on long-term outcomes. *Ann Cardiothorac Surg.* 2019 May;8(3):302-12. doi: 10.21037/acs.2019.05.08
31. Singh S, Ghayal P, Mathur A, Mysliwiec M, Lovoulos C, Solanki P, Klapholz M, Maher J. Unicuspid unicommissural aortic valve: an extremely rare congenital anomaly. *Tex Heart Inst J.* 2015 Jun 1;42(3):273-76. doi: 10.14503/THIJ-13-3634
32. Yuan SM. Quadricuspid Aortic Valve: A Comprehensive Review. *Braz J Cardiovasc Surg.* 2016 Nov-Dec;31(6):454-60. doi: 10.5935/1678-9741.20160090
33. Wong CHM, Chan JSK, Sanli D, Rahimli R, Harky A. Aortic valve repair or replacement in patients with aortic regurgitation: A systematic review and meta-analysis. *J Card Surg.* 2019 Jun;34(6):377-84. doi: 10.1111/jocs.14032
34. Carpentier A. Cardiac valve surgery – the “French correction”. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1983 Sep;86(3):323-37. [https://doi.org/10.1016/S0022-5223\(19\)39144-5](https://doi.org/10.1016/S0022-5223(19)39144-5)
35. Schäfers HJ. The 10 Commandments for Aortic Valve Repair. *Innovations (Phila).* 2019 Jun;14(3):188-98. doi: 10.1177/1556984519843909
36. Cheruvu C, Mathur G, Akhunjy Z, Grant P, Wolfenden H, Cranney G. Aortic Valve Fenestration – An Under Reported Observation in Aortic Regurgitation. *Heart Lung Circ.* 2013;22(1):165. doi: <https://doi.org/10.1016/j.hlc.2013.05.394>
37. David TE, Armstrong S. Aortic cusp repair with Gore-Tex sutures during aortic valve-sparing operations. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2010 May;139(5):1340-42. doi: 10.1016/j.jtcvs.2009.06.010
38. de Kerchove L, Boodhwani M, Glineur D, Poncelet A, Rubay J, Watremez C, Vanoverschelde JL, Noirhomme P, El Khoury G. Cusp prolapse repair in trileaflet aortic valves: free margin plication and free margin resuspension techniques. *Ann Thorac Surg.* 2009 Aug;88(2):455-61; discussion 461. doi: 10.1016/j.athoracsur.2009.04.064
39. Losenno K, Johnson M, Chu M. 688 Fenestrations of the Aortic Valve Cusps: Are They Related to Variations in Cusp Size? *Can J Cardiol.* 2012; 28(5 Suppl):361. doi: 10.1016/j.cjca.2012.07.622
40. Schäfers HJ, Langer F, Glombitza P, Kuniyara T, Fries R, Aicher D. Aortic valve reconstruction in myxomatous degeneration of aortic valves: are fenestrations a risk factor for repair failure? *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2010 Mar;139(3):660-64. doi: 10.1016/j.jtcvs.2009.06.025
41. Tekumit H, Cenal AR, Tataroglu C, Uzun K, Polat A, Akinci E. Cusp shaving for concomitant mild to moderate rheumatic aortic insufficiency. *J Card Surg.* 2010 Jan-Feb;25(1):16-22. doi: 10.1111/j.1540-8191.2009.00948.x
42. Haydar HS, He GW, Hovaguimian H, McIrvine DM, King DH, Starr A. Valve repair for aortic insufficiency: surgical classification and techniques. *Eur J Cardiothorac Surg.* 1997 Feb;11(2):258-65. doi: 10.1016/s1010-7940(96)01014-7
43. Prêtre R, Kadner A, Dave H, Bettex D, Genoni M. Tricuspidisation of the aortic valve with creation of a crown-like annulus is able to restore a normal valve function in bicuspid aortic valves. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2006 Jun;29(6):1001-6. doi: 10.1016/j.ejcts.2006.01.068
44. Schäfers HJ, Aicher D, Riodionychewa S, Lindinger A, Rädle-Hurst T, Langer F, Abdul-Khalik H. Bicuspidization of the unicuspid aortic valve: a new reconstructive approach. *Ann Thorac Surg.* 2008 Jun;85(6):1012-18. doi: 10.1016/j.athoracsur.2008.02.081
45. Aicher D, Kuniyara T, Abou Issa O, Brittner B, Gräber S, Schäfers HJ. Valve configuration determines long-term results after repair of the bicuspid aortic valve. *Circulation.* 2011 Jan 18;123(2):178-85. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.109.934679
46. Luciani GB, Morjan M, Faggian G, Mazzucco A. Repair of quadricuspid aortic valve by bicuspidization: a novel technique. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2010 Sep;11(3):348-50. doi: 10.1510/icvts.2010.237404
47. Kuniyara T, Aicher D, Riodionychewa S,

Groesdonk HV, Langer F, Sata F, Schäfers HJ. Preoperative aortic root geometry and postoperative cusp configuration primarily determine long-term outcome after valve-preserving aortic root repair. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2012 Jun;143(6):1389-95. doi: 10.1016/j.jtcvs.2011.07.036

48. Basmadjian L, Basmadjian AJ, Stevens LM, Mongeon FP, Cartier R, Poirier N, El Hamamsy I. Early results of extra-aortic annuloplasty ring implantation on aortic annular dimensions. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2016 May;151(5):1280-85.e1. doi: 10.1016/j.jtcvs.2015.12.014

49. Aicher D, Fries R, Rodionychewa S, Schmidt K, Langer F, Schäfers HJ. Aortic valve repair leads to a low incidence of valve-related complications. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2010 Jan;37(1):127-32. doi: 10.1016/j.ejcts.2009.06.021

50. Jamieson WR, Burr LH, Miyagishima RT, Germann E, Macnab JS, Stanford E, Chan F, Janusz MT, Ling H. Carpentier-Edwards supra-annular aortic porcine bioprosthesis: clinical performance over 20 years. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2005 Oct;130(4):994-1000. doi: 10.1016/j.jtcvs.2005.03.040

51. Tan Z, Valchanov K, Klein A. Complications in aortic surgery: are CSF drains to be blamed? Comment

on *Br J Anaesth* 2018; 120: 904-913. *Br J Anaesth.* 2018 Oct;121(4):987. doi: 10.1016/j.bja.2018.07.018

52. El Khoury G, Vanoverschelde JL, Glineur D, Pierard F, Verhelst RR, Rubay J, Funken JC, Watremez C, Astarci P, Lacroix V, Poncelet A, Noirhomme P. Repair of bicuspid aortic valves in patients with aortic regurgitation. *Circulation.* 2006 Jul 4;114(1 Suppl):I610-16. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.105.001594

53. Casselman FP, Gillinov AM, Akhrass R, Kasirajan V, Blackstone EH, Cosgrove DM. Intermediate-term durability of bicuspid aortic valve repair for prolapsing leaflet. *Eur J Cardiothorac Surg.* 1999 Mar;15(3):302-8. doi: 10.1016/s1010-7940(99)00003-2

54. Beroukhi RS, Graham DA, Margossian R, Brown DW, Geva T, Colan SD. An echocardiographic model predicting severity of aortic regurgitation in congenital heart disease. *Circ Cardiovasc Imaging.* 2010 Sep;3(5):542-49. doi: 10.1161/CIRCIMAGING.110.957175

55. Elkins RC, Knott-Craig CJ, McCue C, Lane MM. Congenital aortic valve disease. Improved survival and quality of life. *Ann Surg.* 1997 May;225(5):503-10; discussion 510-1. doi: 10.1097/00000658-199705000-00007

#### Адрес для корреспонденции

119435, Российская Федерация,  
г. Москва, ул. Большая Пироговская ул., 6, стр. 1,  
Первый Московский государственный  
медицинский университет имени И.М. Сеченова,  
кафедра факультетской хирургии № 1,  
тел.: +7 915 335-10-06,  
e-mail: borya0994@inbox.ru,  
Тлисов Борис Магометович

#### Address for correspondence

119435, Russian Federation, Moscow,  
Bolshaya Pirogovskaya Str., 6,1,  
Sechenov First Moscow State Medical University  
of the Ministry of Health of the Russian Federation  
(Sechenov University),  
the Faculty Surgery Department  
tel. +7 915 335-10-06,  
e-mail: borya0994@inbox.ru,  
Tlisov Boris M.

#### Сведения об авторах

Комаров Роман Николаевич, д.м.н., заведующий  
кафедрой факультетской хирургии № 1, Первый  
Московский государственный медицинский универ-  
ситет имени И. М. Сеченова, г. Москва, Российская  
Федерация.

<https://orcid.org/0000-0002-3904-6415>

Исмаилбаев Алишер Маккамджанович, к.м.н.,  
ассистент кафедры факультетской хирургии № 1,  
Первый Московский государственный медицин-  
ский университет имени И. М. Сеченова, г. Москва,  
Российская Федерация.

<https://orcid.org/0000-0001-8545-3276>

Фролов Павел Павлович, сердечно-сосудистый  
хирург отделения кардиохирургии УКБ № 1, Пер-  
вый Московский государственный медицинский  
университет имени И. М. Сеченова, г. Москва,  
Российская Федерация.

<http://orcid.org/0000-0003-1532-0173>

Тлисов Борис Магометович, сердечно-сосудистый  
хирург отделения кардиохирургии УКБ № 1, Пер-  
вый Московский государственный медицинский  
университет имени И. М. Сеченова, г. Москва,  
Российская Федерация.

<https://orcid.org/0000-0003-4094-8771>

#### Information about the authors

Komarov Roman N., MD, Head of the Faculty Surgery  
Department No1, Sechenov First Moscow State Medical  
University of the Ministry of Health of the Russian  
Federation (Sechenov University), Moscow, Russian  
Federation.

<https://orcid.org/0000-0002-3904-6415>

Ismailbaev Alisher M., PhD, Assistant of the Faculty  
Surgery Department No1, Sechenov First Moscow State  
Medical University of the Ministry of Health of the  
Russian Federation (Sechenov University), Moscow,  
Russian Federation.

<https://orcid.org/0000-0001-8545-3276>

Frolov Pavel P., Cardiovascular Surgeon of the Cardiac  
Surgery Unit of the University Clinical Hospital No1,  
Sechenov First Moscow State Medical University of the  
Ministry of Health of the Russian Federation (Sechenov  
University), Moscow, Russian Federation.

<http://orcid.org/0000-0003-1532-0173>

Tlisov Boris M., Cardiovascular Surgeon of the Cardiac  
Surgery Unit of the University Clinical Hospital No1,  
Sechenov First Moscow State Medical University of the  
Ministry of Health of the Russian Federation (Sechenov  
University), Moscow, Russian Federation.

<https://orcid.org/0000-0003-4094-8771>

#### Информация о статье

Поступила 20 июня 2020 г.

Принята в печать 12 мая 2021 г.

Доступна на сайте 1 июля 2021 г.

#### Article history

Arrived: 14 April 2020

Accepted for publication: 12 May 2021

Available online: 1 July 2021